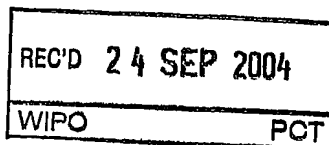


Helsinki 4.8.2004

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Vaisala Oyj  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20030992

Tekemispäivä  
Filing date

01.07.2003

Kansainvälinen luokka  
International class

G01W

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Menetelmä hydrometeoreja havaitsevan mittalaitteen yhteydessä sekä tähän liittyvä laitteisto"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski  
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Telefax: 09 6939 5328  
Telefax: + 358 9 6939 5328

Menetelmä hydrometeoreja havaitsevan mittalaitteen yhteydessä sekä tähän liittyvä laitteisto

5 Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdannon mukainen menetelmä hydrometeoreja havaitsevan mittalaitteen yhteydessä.

Keksinnön kohteena on myös hydrometeoreja havaitsevan anturin yhteydessä käytettävä laitteisto.

10 Keksinnön kohteena oleva menetelmä liittyy sadetta eri olomuodoissaan (erityisesti vesi, lumi ja rakeet) mittaaviin antureihin, jotka perustuvat hydrometeorien ilmaispintaan osuessaan synnyttämien mekaanisten impulssien havaitsemiseen. Menetelmä soveltuu sekä antureille, joissa mitataan välittömästi ilmaispintaan osuvia hydrometeoreja että suppilomaisella kerääjällä varustettuja antureita, joissa mitataan  
15 kerääjästä pisaroina poistuvaa vettä. Anturin tuottama tieto voi olla sademäärä, sateen intensiteetti, sateen tyyppi, pisarakokajakautuma, sateen kineettinen energia tai muu hydrometeorien synnyttämistä impulsseista laskettavissa oleva suure.

Välittömästi ilmaispintaan osuvia hydrometeoreja havaitseva anturi ja menetelmä on  
20 kuvattu esim. hakijan aiemmassa patenttihakemuksessa (suomalainen hakemus nro 20011876). Vastaavalla periaatteella toimiva sadeanturi on esitetty myös EP-hakemuksessa EP 0 422 553 B1 ja saksalaisessa patenttihakemuksessa DE 44 34 432 A1. Kerääjällä varustettu versio on esitetty hakijan aiemmassa hakemuksessa (suomalainen hakemus nro 20011875).

25

Em. julkaisuissa kuvatuilla antureilla on eräitä haittapuolia, jotka rajoittavat niiden käyttöä. Ensimmäinen liittyy anturien tehonkulutukseen. Sateen mittaus tehdään  
30 tyypillisesti paikoissa, joissa ei ole helposti saatavilla verkkosähköä. Sähköisen mittalaitteen tapauksessa käytetään tällöin teholahteenä yleisimmin paristoa, akkua tai akku-aurinkokenno-yhdistelmää, jolloin laitteiston valmistus- ja käyttökustannusten kannalta tulee oleelliseksi minimoida tehonkulutus. Em. julkaisuissa kuvatut anturit koostuvat tuntoelimestä ja siihen liittyvästä elektroniikasta, joka vahvistaa

anturisignaalin ja suorittaa lähtösignaalin generoimiseksi tarvittavan signaalinkäsittelyn. Vaikka tuntoelin sinänsä voi olla passiivinen (esim. pietsosähköinen elementti), on mittauselektroniikka päällä koko ajan odottaen mahdollisia sadepisaroita ja kuluttaen sähköä. Näin ollen esitetyt ratkaisut eivät ole tehonkulutuksen kannalta optimaalisia.

5

Toinen tunnettujen ratkaisujen haittapuoli on muusta kuin ilmaispintaan osuvista hydrometeoreista aiheutuvien mekaanisten iskujen ja värinän aiheuttamat häiriöt. Ympäristöstä anturin tukirakenteitten kautta välittyvät tai tuulen aiheuttamat värähtelyt, ollessaan riittävän voimakkaita, voivat aiheuttaa detektointipiirissä liipaisun ja seurauksena on mekaanisen häiriön rekisteröinti virheellisesti hydrometeoriksi.

10

Keksinnön tarkoituksena on ratkaista edellä kuvatut tunnetun tekniikan ongelmat ja tätä tarkoitusta varten aikaansaada aivan uudentyyppinen menetelmä ja laitteisto hydrometeoreja havaitsevan anturin yhteydessä.

15

Keksintö perustuu siihen, että laite herätetään mittaustoimintaan hydrometeorikohtaisesti. Keksinnön toisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti mittasignaalista suodatetaan signaalit, jotka eivät liity hydrometeorien törmäyksiin. Tällaisia signaaleja ovat rakenteen kautta kulkeutuneet värähtelyt sekä tuulen aiheuttamat värähtelyilmiöt.

20

Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

25

Keksinnön mukaiselle laitteistolle puolestaan on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 10 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja.

30

Mittauslaitteiston tehonkulutus voidaan saada hyvin pieneksi, koska laitteisto kuluttaa tehoa ainoastaan hyvin lyhyinä periodeina mittauksen aikana. Tällöin mahdollinen

oheislaitteisto, kuten tietoliikenteeseen liittyvät elektroniset piirit saavat maksimikapasiteetin käytettävissä olevasta virtalähteestä.

5 Tehonkulutuksen vähentäminen keksinnön mukaisella tavalla lisää myös laitteiston luotettavuutta, koska komponenttien käyttötunteja kertyy vähemmän.

Häiriösignaalien suodatusmenetelmät puolestaan lisäävät mittaustarkkuutta, koska virheellisten mittaustapahtumien määrä vähenee.

10 Keksintöä tarkastellaan seuraavassa esimerkkien avulla ja oheisiin piirustuksiin viitaten.

Kuvio 1 esittää lohkokaaaviona yhtä keksinnön mukaista järjestelmää.

15 Kuvio 2 esittää graafisesti hydrometeorin synnyttämää signaalia keksinnön mukaisessa järjestelmässä.

Kuvio 3 esittää graafisesti häiriösignaalia keksinnön mukaisessa järjestelmässä.

20 Keksinnön mukaisessa menetelmässä anturin tehonkulutus minimoidaan jakamalla mittauselektroniikka kahteen osaan kuvion 1 mukaisesti:

- detektointipiiriin 1, joka on koko ajan päällä, ja
  - prosessointipiiriin 2, joka pidetään normaalisti virrattomana ns.
- 25 tehonsäästötilassa ja herätetään mittaamaan vain tarvittaessa.

30 Detektointipiiri 1, joka on suunniteltu mahdollisimman vähän tehoa kuluttavaksi, koostuu itse anturista 6, vahvistimesta ja suodattimesta jotka voivat olla integroitu samaan lohkoon 5 ja komparaattorista 3. Hydrometeorin, osuessaan ilmaisinelimeen 6 synnyttää signaalin, jonka lohko 5 vahvistaa ja mahdollisesti kaistanpäästösuodataa siitä etsittävälle signaalille tyypillisen taajuusalueen ja vertaa sitä komparaattorin 3 kynnysarvoon. Suodatus voi tietenkin olla myös yli- tai alipäästösuodataus aina

häiriösignaalin ominaisuuksien mukaan. Jos kynnyсарvo ylittyy, piiri 3 generoi prosessoripiirille 2 herätyssignaalin joka aktivoi sen. Prosessointipiiri 2 mittaa havaitut hydrometeorit herättänyttä hydrometeorია seuraavasta alkaen. Jos uusia hydrometeoreja ei havaita tietyn, ennalta asetetun ajanjakson kuluessa (esim. 10 s) palaa prosessointipiiri takaisin tehonsäästötilaan.

Tehonkulutusta voidaan edelleen pienentää kehittyneemmällä menetelmällä, jossa kuvion tallennuslohko 4 on kytketty komparaattorin 3 rinnalle. Periaatteena kytkennässä on se, että, että prosessointipiiri 2 herätetään niin nopeasti, että se ehtii mittaamaan jo herättävän hydrometeorin aiheuttaman signaalin joko suoraan tai vaihtoehtoisesti tallennuslohkon 4 avulla. Kun muistiin 4 tallennettu signaali on mitattu ja analysoitu, prosessointipiiri 2 palaa välittömästi takaisin tehonsäästötilaan.

Toteutus voi siis perustua joko hyvin nopeasti heräävään prosessoriin 2 tai, vaihtoehtoisesti, detektointipiiri 1 tallentaa herättävän signaalin karakteristiset arvot muistielementtiin 3 kunnes prosessori on valmis lukemaan ne. Signaalin karakteristinen arvo voi olla sen maksimi- tai minimiarvo, puoliarvoleveys, nousuaika, taajuus tai muu piirre, joka on riippuvainen hydrometeorin tyypistä tai koosta. Muistipiiriin 4 tulee siis kyetä tallentamaan ajallisesti riittävän pitkä sekvenssi signaalista, jotta haluttu karakteristinen piirre voidaan siitä jälkikäteen lukea.

Häiriösignaalien suodatuksen merkitystä valaisevat kuviot 2 ja 3, jossa on esitetty anturin vaste erityyppisille heränteille. Kuviossa 2 on esitetty on vesipisaran synnyttämä signaali ja kuviossa 3 tukirakenteitten kautta välittyvän mekaanisen värähtelyn aiheuttama vaste. Jos käytetään yksinkertaista kynnyсарvon ylitykseen perustuvaa detektointia, tulevat alemman kuvan kaltaiset häiriösignaalit rekisteröidyiksi hydrometeoreiksi, minkä seurauksena esim. sademäärää tai sateen intensiteettiä mitattaessa anturi näyttää liian suurta lukemaa.

Ongelma voidaan osittain ratkaista mekaanisella rakenteilla kuten jousilla tai kumityynyillä, jotka vaimentavat ilmaiselementille ulkopuolisista rakenteista välittyviä iskuja ja tärinää. Näillä ei kuitenkaan voida saavuttaa täydellistä vaimennusta,

vaan voimakkaat signaalit voivat edelleen välittyä ilmaisinelementille ja aiheuttaa virheellisen rekisteröinnin. Mekaanisilla vaimentimilla ei myöskään voida poistaa niitä tuulen aiheuttamia häiriöitä, jotka syntyvät ilmavirtauksen indusoidessa värähtelyjä itse ilmaisinelementissä.

5

Keksinnön mukaisessa menetelmässä mekaaniset häiriöt suodatetaan signaalin prosessoinnin yhteydessä perustuen yhteen tai useampaan hydrometeorisignaalin karakteristiseen piirteeseen, joitten avulla oikea hydrometeorisignaali voidaan erottaa häiriösignaaleista. Suodatus tapahtuu siten, että detektointikynnyksen ylittäneestä pulssista määritetään karakteristinen piirre tai piirteet, näitä verrataan ennalta asetettuihin kriteereihin ja signaalit, jotka eivät täytä kriteereitä hylätään. Suodatuksessa käytettävä karakteristinen piirre voi olla signaalin taajuus, maksimi- tai minimiamplitudi, nousu- tai laskuaika, puoliarvoleveys, jokin muu pulssimuotoa kuvaava piirre, tai näiden yhdistelmä.

15

Huomattakoon, että eri hydrometeoreille, kuten vesipisaroille ja rakeille, on tarkoituksenmukaista käyttää erilaisia karakteristisia piirteitä, koska niitten synnyttämät signaalit poikkeavat huomattavasti toisistaan. Tällöin voidaan häiriöitten suodatuksen edullisesti yhdistää myös sateen olomuodon ja tyypin tunnistus.

20

Suoraviivainen tapa toteuttaa edellä kuvattu häiriönsuodatusmenetelmä on käyttää analogia-digitaalimuuntimella varustettua prosessoria, jolla liipaisun jälkeen rekisteröidään näyte signaalista digitaaliseen muotoon. Rekisteröidystä signaalista lasketaan tarvittavat parametrit ja luokitellaan signaali sen mukaisesti. Tällöin kuitenkin tarvitaan nopealla A/D-muuntimella varustettu sekä suhteellisen paljon muistia ja laskentatehoa omaava prosessori, mikä nostaa laitteiston hintaa ja lisää tehonkulutusta. Seuraavassa esitetään menetelmä, jolla suodatus voidaan toteuttaa käyttäen yksinkertaisempaa ja hinnaltaan edullisempaa prosessoria.

25

Menetelmässä signaalista mitataan soveltuva parametri ensin liipaisun yhteydessä ja uudelleen ennalta määrätyn ajanhetken kuluttua. Suodatuksessa käytettävä karakteristinen piirre muodostetaan vertaamalla näitä eri ajanhetkinä mitattuja

30

parametrin arvoja toisiinsa. Parametriksi voidaan valita esim. amplitudi tai pulssin muutosnopeus (aikaderivaatta). Kuvion 2 tapauksessa karakteristinen piirre voidaan muodostaa mittaamalla maksimiampplitudi liipaisun jälkeen ( $a_{max}$ ) aikaikkunassa 10 sekä ajanhetken  $dt$  (esim. 3 ms) kuluttua ( $adt$ ) aikaikkunassa 11. Vesipisaralle on

5 tyypillistä, että mitattu signaali vaimenee nopeasti. Häiriösignaalit taas ovat tyypillisesti oskilloivia ja hitaasti vaimenevia. Tällöin karakteristisena piirteenä voidaan käyttää suhdetta  $a_{max}/adt$  ja määritellä signaalin hyväksymiskriteeriksi esimerkiksi  $a_{max} / adt > 10$ .

10 Vastaavasti, jos parametriksi valitaan signaalin muutosnopeus, mitataan signaalin derivaatta sekä liipaisun jälkeen että ajan  $dt$  kuluttua ja muodostetaan näiden derivaattojen suhteesta karakteristinen piirre.

Menetelmän selektiivisyyttä voidaan parantaa käyttämällä useampaa kuin kahta mittauspistettä. Mitataan esim. amplitudi liipaisun jälkeen sekä 2 ms ja 3 ms kuluttua ja verrataan näitten amplitudien suhteita asetettuihin kriteereihin.

15

Vaihtoehtoinen menetelmä on mitata tiettyä signaaliparametria lähtien liipaisuhetkestä kunnes se saavuttaa ennalta määrätyn arvon suhteessa lähtöarvoon, ja käyttää tähän kuluvaan aikaan karakteristisena piirteenä. Tällöin mitataan esim. kuinka kauan kestää ennen kuin signaalin amplitudi laskee kymmenesosaan maksimiarvostaan.

20

Tuulen aiheuttamien häiriöitten tapauksessa edellä esitetyt menetelmät eivät takaa virheetöntä toimintaa kaikissa tilanteissa. Tuulen ilmaisinelementtiin synnyttämä häiriösignaali on tyypillisesti jatkuvaa kohinaa, jonka intensiteetti vaihtelee tuulen nopeuden ja puuskaisuuden mukaan. Tällöin voi käydä, että suurilla tuulen nopeuksilla häiriösignaali ylittää liipaisutason jatkuvasti, minkä seurauksena prosessointipiirin kapasiteetti ei riitä ja suuri osa oikeista hydrometeorisignaaleista voi jäädä havaitsematta.

25

30 Tuulihäiriöt voidaan eliminoida asettamalla liipaisutaso niin korkeaksi, ettei se ylitä kovimmankaan tuulen aiheuttamista häiriöistä. Tällöin kuitenkin pystytään

havaitsemaan vain suuret pisarat ja mittaustarkkuus kärsii, varsinkin heikoilla vesisateilla kun valtaosa sateesta tulee pieninä pisaroina.

5       Keksinnön mukaisessa kehittyneemmässä menetelmässä käytetään adaptiivista liipaisutasoa. Tällöin prosessori nostaa liipaisukynnyksen korkeutta tuulen nopeuden kasvaessa siten, että tuulihäiriöitten amplitudi jää aina liipaisukynnystä pienemmäksi. Tuulen nopeus voidaan mitata joko erillisellä tai sadeanturiin integroidulla tuulianturilla. Paras mittaustarkkuus saavutetaan, kun käytetään tuulen mukaan säätynyttä liipaisukynnystä yhdessä patenttihakemuksessa FI 20011876 kuvatun sadeanturin  
10       reaaliaikaisen tuulivirheen korjauksen kanssa.



Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä hydrometeoreja havaitsevan mittalaitteen yhteydessä, jossa menetelmässä
  - ilmaisinpinnalle putoavien hydrometeorien mekaanisia impulsseja mitataan, **tunnettu** siitä, että
    - osalla mittalaitetta (1) suoritetaan jatkuvaa mittausta impulssin kynnysarvon määrittämiseksi ja
    - vasta kynnysarvon ylittyttyä mittalaitteiston loppuosa (2) herätetään mittaustoimintaan laitteiston tehonkulutuksen minimoimiseksi.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mittalaitteiston loppuosa (2) palautetaan lepotilaan välittömästi mittauksen jälkeen.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mittalaitteiston alkuosaan (1) tallennetaan (4) pulssikohtainen mittaustieto, jotta loppuosa voi sen lukea herätyksen jälkeen.
4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 tai 3 mukainen menetelmä, jossa kynnysarvon määrittämisen jälkeisessä ensimmäisessä aikaikkunassa (10) määritetään impulssista ensimmäinen parametri kuten amplitudi tai pulssin muutosnopeus, **tunnettu** siitä, että toisessa, myöhäisemmässä aikaikkunassa (11) impulssista määritetään sama parametri ja verrataan ensimmäisen ja toisen aikaikkunassa parametreja toisiinsa virhesignaalien eliminoimiseksi.
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muodostetaan ensimmäisen (10) ja toisen aikaikkunassa (11) parametrien suhde raja-arvoksi virhesignaaleille.
6. Menetelmä hydrometeorien mittaamiseksi, jossa menetelmässä mitataan ilmaisinpinnalle putoavien hydrometeorien mekaanisia impulsseja, jotka ylittävät ennalta määrätyn kynnysarvon, jolloin kynnysarvon määrittämisen jälkeisessä

ensimmäisessä aikaikkunassa (10) määritetään impulssista ensimmäinen parametri kuten amplitudi tai pulssin muutosnopeus, **tunnettu** siitä, että toisessa, myöhemmässä aikaikkunassa (11) impulssista määritetään sama parametri ja verrataan ensimmäisen ja toisen aikaikkuna parametreja toisiinsa virhesignaalien eliminoimiseksi.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että muodostetaan ensimmäisen (10) ja toisen aikaikkunan (11) parametrien suhde raja-arvoksi virhesignaalille.

8. Menetelmä hydrometeorien mittaamiseksi, jossa menetelmässä

- mitataan ilmaispinnalle putoavien hydrometeorien mekaanisia impulsseja, jotka ylittävät ennalta määrätyn kynnysarvon,
- kynnysarvon ylittäneiden pulssien yhteydessä liipaistaan mittaus käyntiin,
- liipaisun yhteydessä määritetään impulssista ainakin yksi alkuparametri kuten amplitudi tai pulssin muutosnopeus,

**tunnettu** siitä, että ensimmäisen mittauksen jälkeen mitataan aika, joka kuluu kunnes parametri on saavuttanut ennalta määrätyn arvon suhteessa parametrin alkuarvoon, ja käytetään tätä aikaa karakteristisena parametrina suodatuksessa.

9. Menetelmä hydrometeorien mittaamiseksi, jossa menetelmässä

- mitataan ilmaispinnalle putoavien hydrometeorien mekaanisia impulsseja, jotka ylittävät ennalta määrätyn kynnysarvon,
- kynnysarvon ylittäneiden pulssien yhteydessä liipaistaan mittaus käyntiin,
- liipaisun yhteydessä määritetään impulssista ainakin yksi alkuparametri kuten amplitudi tai pulssin muutosnopeus,

**tunnettu** siitä, että

- hydrometeorisignaalin detektointipiiriin (3) liipaisutasoa säädetään tuulen nopeuden perusteella siten, että tuulen aiheuttamien häiriösignaalien amplitudi jää liipaisutason alapuolelle.

10. Mittalaite hydrometeorien havaitsemista varten, joka käsittää

- detektoriosan (1), joka puolestaan käsittää
  - ilmaisinelementin (6) hydrometeorien aiheuttamien iskujen ilmaisemiseksi,
  - vahvistinpiirin (5) ilmaisinelementin (6) antosignaalin vahvistamiseksi,
  - raja-arvopiirin (3) tietyn signaalitason ylittävien impulssien liipaisemiseksi mittausta varten, ja
- prosessoriosan (2) liipaistujen signaalien käsittelemiseksi,

10 **tunnettu siitä, että**

- detektoriosa (1) on sovitettu suorittamaan jatkuvaa mittausta impulssin kynnysarvon määrittämiseksi ja
- prosessoriosa (2) on sovitettu heräämään mittaustoimintaan vasta kynnysarvon ylittyttyä mittalaitteiston teh-

15

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen laitteisto, **tunnettu siitä, että** mittalaitteiston prosessoriosa (2) on sovitettu palautumaan lepotilaan välittömästi mittauksen jälkeen.

20

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen laitteisto, jossa prosessoriosa käsittää muistivälineen (4) pulssikohtaisen mittaustiedon tallentamiseksi, jotta prosessoriosa voi sen lukea herätyksen jälkeen.

63

1

**(57) TIIVISTELMÄ:**

Tässä julkaisussa on kuvattu menetelmä ja laitteisto hydrometeorien ilmaisemiseksi. Menetelmän mukaan ilmaispinnalle putoavien hydrometeorien mekaanisia impulsseja mitataan. Keksinnön mukaan osalla mittalaitetta (1) suoritetaan jatkuvaa mittausta impulssin kynnysarvon määrittämiseksi ja vasta kynnysarvon ylittyttyä mittalaitteiston loppuosa (2) herätetään mittaustoimintaan laitteiston tehonkulutuksen minimoimiseksi.

(Kuvio 1)

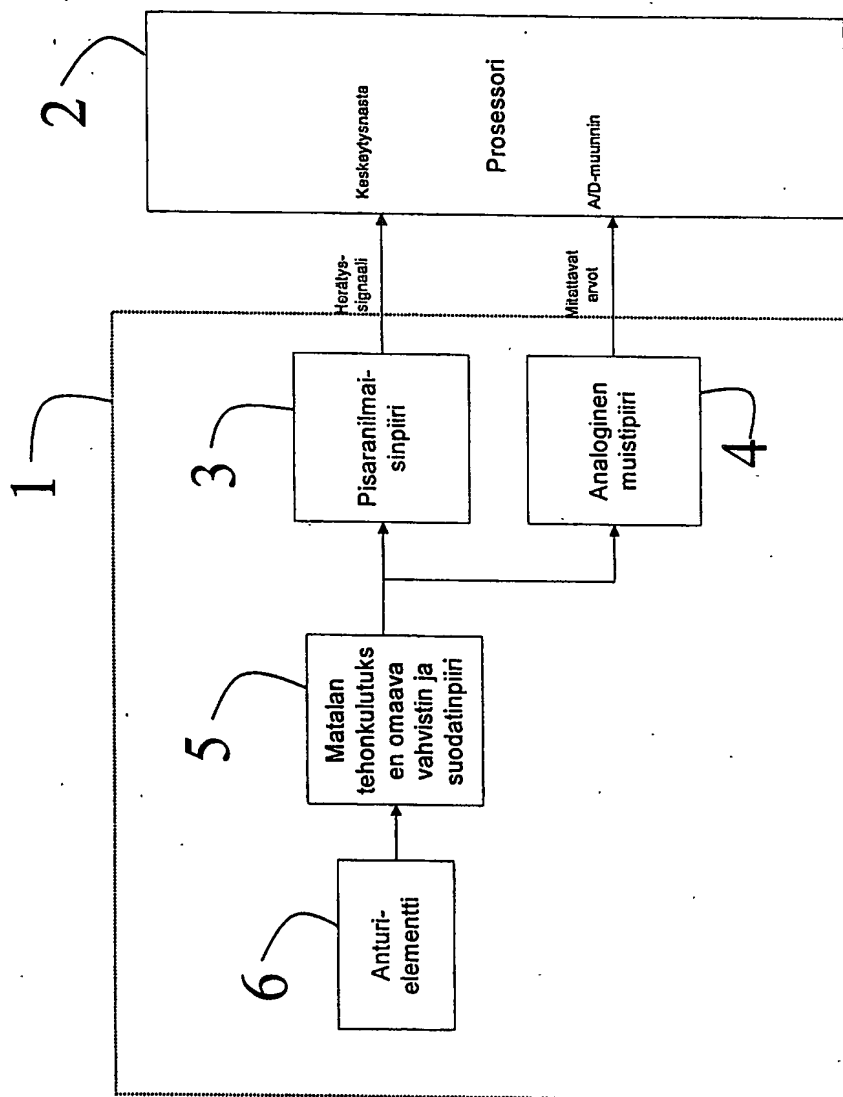


Fig. 1

24

2

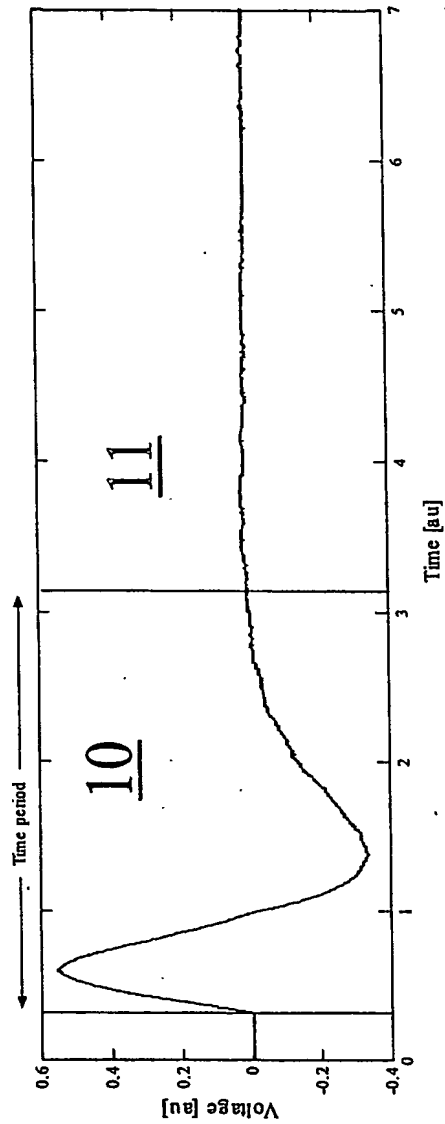


Fig. 2

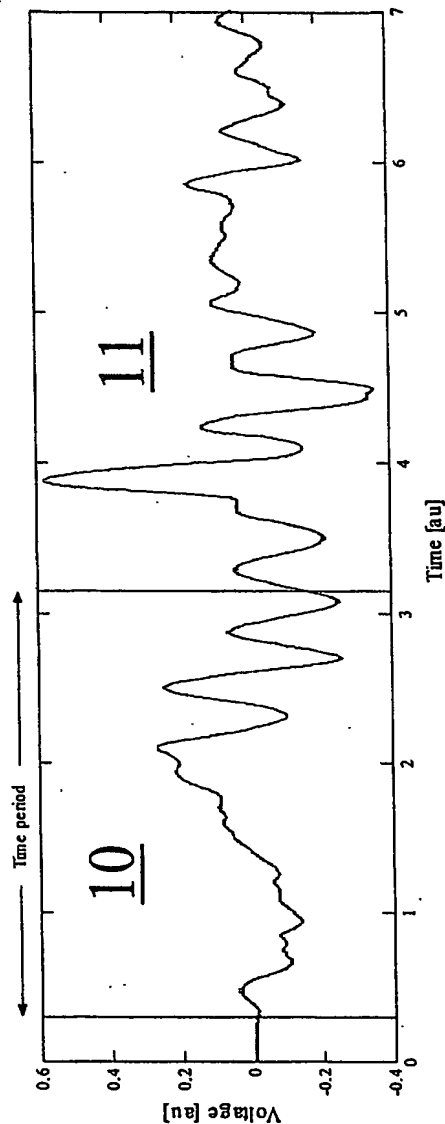


Fig. 3